Экспериментальные исследования лазерного ускорения ионов

К.В. Сафронов, С.А. Горохов, В.А. Флегентов, Д.С. Гаврилов, А.Г. Какшин, Е.А. Лобода, Д.А. Вихляев

Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск, Россия, dep5@vniitf.ru

При облучении тонких фольг ультракороткими лазерными импульсами вблизи поверхности возникают электростатические поля с напряженностями около 10 ТВ/м. В таких полях легкие и тяжелые ионы ускоряются до нескольких МэВ/нуклон [1, 2]. Потенциальными применениями источников ионов с такими энергиями являются: тестирование космической микроэлектроники на одиночные сбои под действием космического излучения, исследование поверхности методом обратного резерфордовского рассеяния и др.

Однако ускорение тяжелых ионов в лазер- плазменных экспериментах затруднено вследствие присутствия водородсодержащих соединений на поверхности твердотельных мишеней (в виде воды и углеводородных загрязнений). Проблема состоит в том, что в электростатическом поле горячих электронов протоны ускоряются гораздо быстрее тяжелых ионов. В результате протоны оказываются на фронте разлетающейся плазмы и экранируют ускоряющее поле для всех частиц, движущихся позади. Этот эффект настолько силен, что приводит к подавлению ускорения даже самых легких ионов: углерода и кислорода.

Для повышения эффективности ускорения тяжелых ионов был разработан метод in-situ очистки мишеней излучением лазера непрерывного действия, а также метод измерения температуры мишеней по спектру теплового излучения.

На установке Сокол-П проведены эксперименты по ускорению ионов из нагретых лазерным излучением танталовых и титановых фольг толщиной ~1 мкм. Нагрев позволил увеличить энергию легких ионов более чем в 2,5 раза. В экспериментах были зарегистрированы ионы кислорода и углерода с энергиями свыше 5 МэВ/нуклон, а также ионы тантала с энергиями до 0,26 МэВ/нуклон (соответствующий коэффициент линейной передачи энергии свыше 30 МэВ·мг/см2).

Также были проведены эксперименты по ускорению дейтронов из нагретых фольг TiD2. Были зарегистрированы дейтроны с энергиями до 6 МэВ, суммарная энергия частиц составляет 0,04% энергии лазерного импульса. Разработанный метод генерации пучков дейтронов может быть использован для ускорения ионов трития.

Литература

1. P. McKenna, K.W.D. Ledingham, J.M. Yang et al., Characterization of proton and heavier ion acceleration in ultrahigh-intensity laser interactions with heated target foils, Phys. Rev. E 70, 036405 (2004).
2. J. Braenzel, A.A. Andreev, K. Platonov et al., Coulomb driven energy boost of heavy ions for laser plasma acceleration, arXiv:1412.3620v1 [physics.plasm-ph] 11 Dec 2014.